

### 2.3. 輸送・貯留の要素技術及びトータルシステムの検討

シャトルシップ輸送・貯留システムの各構成要素（装置・機器・設備）に求められる機能を検討する。

シャトルシップ輸送・貯留システム全体（トータルシステム）を、「CO<sub>2</sub> 圧縮・脱水設備から荷役設備までの液化・荷役システム」および「シャトルシップから坑口設備までの船上直接圧入システム」で構成されるシステムと定義する。CO<sub>2</sub> 処理プロセスに沿ったトータルシステム全体の構成要素を「資料編 2-18」に、2.2.1 で設定した基本条件に基づいたトータルシステム的设计条件を「資料編 2-19、資料編 2-20」に取りまとめた。

「船上直接圧入システム」については、「2.4 船上直接圧入のための構成要素の基本設計等」「2.5 シャトルシップの基本設計」で検討することとし、ここでは、「液化・荷役システム」と「コミュニケーションブイ」を検討する。

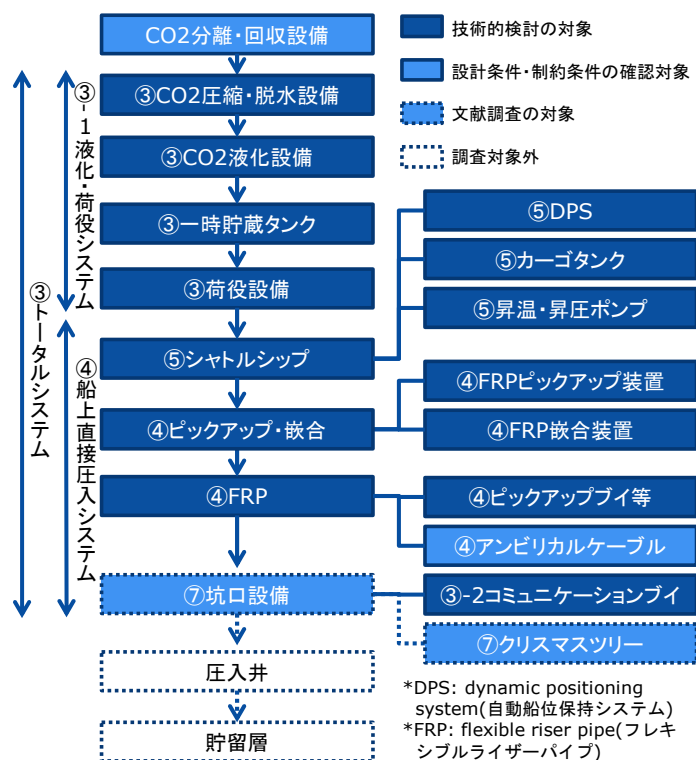


図 2-28 トータルシステムの構成要素と検討対象

#### 2.3.1. CO<sub>2</sub> 液化・荷役システム

トータルシステムのうち、液化・荷役システムについては、下図のフローのうち、太枠部分を本年度に、細枠部分を次年度に検討する。

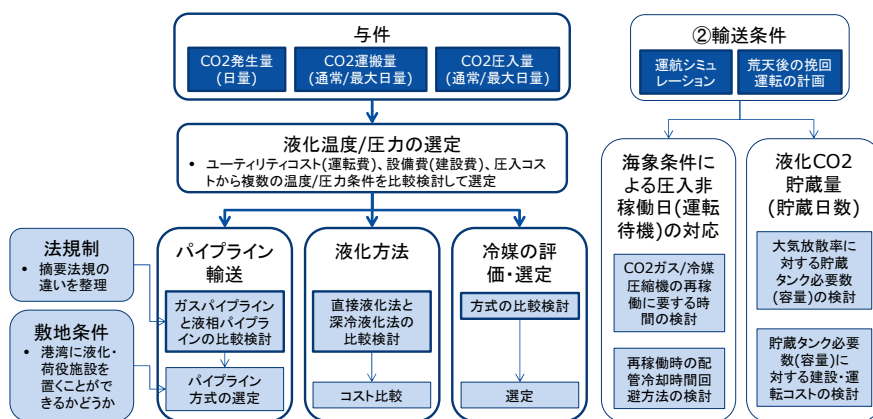


図 2-29 CO2 液化・荷役システムの検討フロー

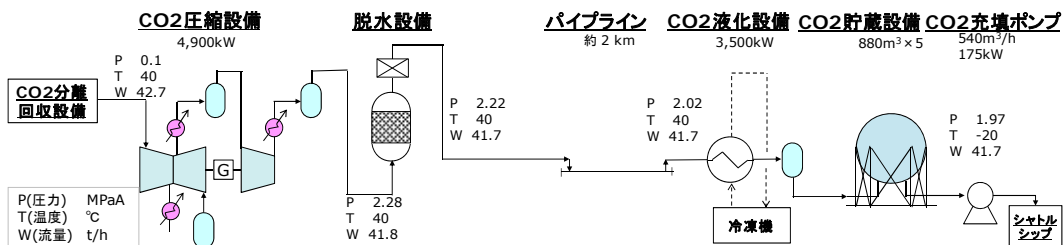


図 2-30 CO2 液化・荷役システムにおける CO2 フロー

表 2-8 CO2 液化・荷役システムの主要検討項目と検討内容及び検討方法

主要検討項目	検討内容及び検討方法 (✓は検討済み、□は検討継続中)
液化温度/圧力	-20℃/1.97MPa を選定。
海象条件による圧入非稼働日 (運転待機) の対応	圧入非稼働日は陸上設備を運転待機モードとし、上流側と調整。 CO2 ガス/冷媒圧縮機の再稼働に要する時間の調査、短縮方法の検討。 配管冷却時間を無くすため、液化 CO2 循環方式の検討、及び循環用小型冷凍機を持つことのコストメリットの有無の検討。
パイプライン輸送	ガスパイプライン輸送が安全性、待機時の対応、敷地の面から液体パイプライン輸送より優位と評価。漏洩検知システムの検討。
液化方法	直接液化法と深冷減圧法を概算建設+圧入コストを算定し比較検討。
冷媒	産業用冷凍装置に使用される冷媒の特性を比較検討。 環境負荷、安全性から冷媒を評価・選定。
液化 CO2 貯蔵量 (貯蔵日数)	シヤトルシップ運航シミュレーション(②輸送・貯留条件の抽出)による貯蔵日数と稼働率/CO2 回収率の関係、ならびに貯蔵日数と貯蔵タンク数/建設コスト/圧入コストの関係を整理し、適正な貯蔵日数を検討。

### 2.3.1.1. CO2 液化温度／圧力の選定

本事業での想定輸送量（1,000～3,000t）を考慮し、ユーティリティコスト、概算建設費及び圧入コストを検討した結果、-20℃／1.97MPaを選定した。（資料編 2-21）

表 2-9 選定候補:CO2 を液体に保つために必要な条件

-10℃／2.65MPa	-20℃／1.97MPa	-30℃／1.43MPa	-46℃／0.803MPa
GCCSI 報告書選定値	GCCSI 報告書選定値	-20℃と-46℃の中間	NEDO 報告書選定値／三重点-10℃(運転下限)

### 2.3.1.2. 液化方法の比較検討

直接液化法と深冷減圧液化法を検討し、直接液化法を選定した。液化温度/圧力が-20℃/1.97MPa は直接液化法が有利、液化温度/圧力が低い場合（例-46℃/0.80MPa）は深冷減圧液化法が有利となる。（資料編 2-24）

### 2.3.1.3. パイプライン輸送の方式検討

分離・回収～圧縮・液化～荷役を結ぶパイプラインは CO2 液化設備の敷地条件により方式が異なると考えられる。敷地条件の制約に備えて、異なる方式の比較・検討を実施した。

- ガス相パイプライン ⇒ 積出港のそばに CO2 液化設備を設置する場合
- 液相パイプライン ⇒ 分離・回収設備のそばに CO2 液化設備を設置する場合

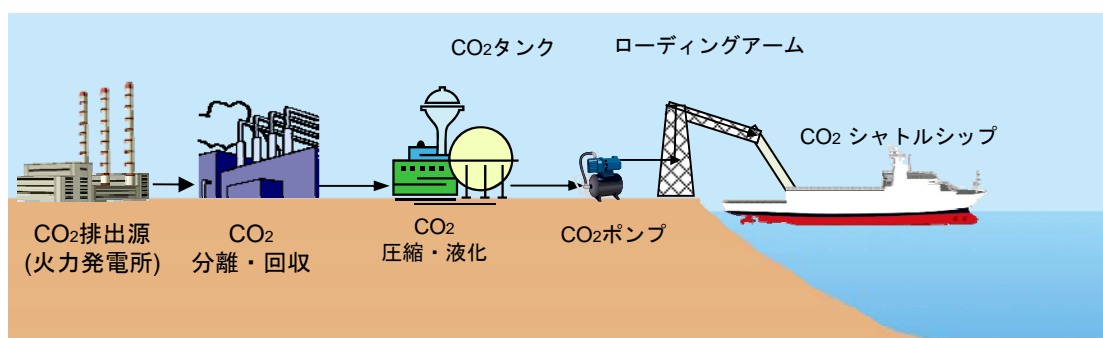


図 2-31 CO2 液化・荷役システム

(資料編 2-22、資料編 2-23)

#### 2.3.1.4. 冷媒の比較検討

産業用冷凍装置向けに現在よく使われている冷媒を調査中である。今年度は代表的冷媒として、フロン系 (R-404A、R134a)、NH<sub>3</sub>、HC (炭化水素) を例示した。次年度において、経済性、安全性、環境負荷などの側面からバリューエンジニアリングを行い、本実証規模のガス液化の実績も考慮して、冷媒を評価、選定していく。(資料編 2-25)

#### 2.3.2. 想定されるモニタリング項目とコミュニケーションブイの役割

コミュニケーションブイ(CB)は、観測・制御データの通信のための洋上ブイである。

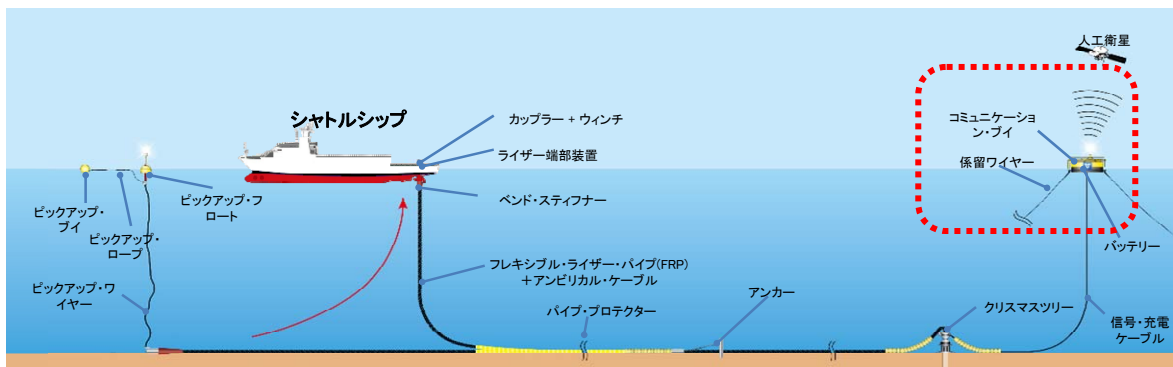


図 2-32 船上直接圧入システムにおけるコミュニケーションブイ

コミュニケーションブイには「観測機器への電源供給」と「観測機器と陸上の通信」の役割が期待される。CB で観測・通信すべき項目を下表に整理する。

表 2-10 コミュニケーションブイに求められる観測・通信項目

目的	観測項目		観測場所	観測頻度	観測手段	通信手段	備考
CO <sub>2</sub> 貯留状況確認	貯留層*	地層の性状	水面,坑内	適宜	2D,3D 反射法,検層他		
	坑井*	温度,圧力,圧入量	坑内	常時		●CB	
安全確認 他	地震*	自然地震,微小地震	海底面,坑内	常時	地震計	●CB	CB: 坑井付近のみ
	CO <sub>2</sub> 漏洩,漏洩箇所	pCO <sub>2</sub> , pH 他	海底面,海中	常時または適宜	★センサー	★AUV/ ●CB 他	CB: 坑井付近のみ
環境保全	海洋環境*	海流,水質,泥質,海洋生物	海底面,海中	適宜			
シャトル シップ運 航および CO <sub>2</sub> 圧 入オペレ ーション	気象	風向,風速,気温,湿度,気圧,雨量	CB	常時	●	●CB	
	海象	波高,流向,流速,周期,海水温	CB,海中	常時	●	●CB	
	位置情報	位置(座標),動揺	CB	常時	●GPS	●CB	
	海底設備	温度,圧力		常時	温度計,圧力計	●CB	
	CB	電力量,発電量	CB	常時	●	●CB	
凡例	CB: Communication Buoy、*苫小牧地点のモニタリング項目、●業務(2)シャトルシップ輸送・貯留の検討範囲、★業務(4)②CO <sub>2</sub> 漏洩モニタリングの検討範囲						
注)CO <sub>2</sub> ハイドレートによる遮蔽が期待できる場合は、pCO <sub>2</sub> ・温度・圧力等のモニタリングを検討する。							

#### 2.4. 船上直接圧入のための構成要素の基本設計等

水深 500m の海底に寝かせたフレキシブル・ライザー(FRP)を引き上げて、船上の圧入設備に嵌合し、船上から CO<sub>2</sub> を直接海底下の貯留層に圧入する機構を検討した。油ガスの生産にはない仕組みで世界にも既往事例がない中で、候補海域の厳しい海象条件を踏まえた FRP の挙動解析、船体動揺の試算等を経て、独自の方式を考案するに至った。

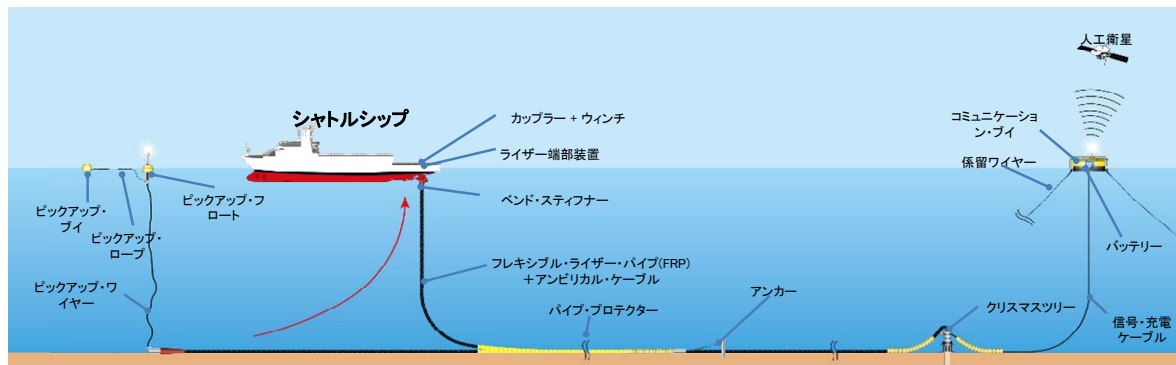


図 2-33 シャトルシップ洋上圧入方式 CCS の全体説明図

シャトルシップ方式の核となる船上直接圧入に必要なフレキシブルライザーパイプ (FRP)、ピックアップ・嵌合装置等について、下記のフローの手順に沿って検討した。

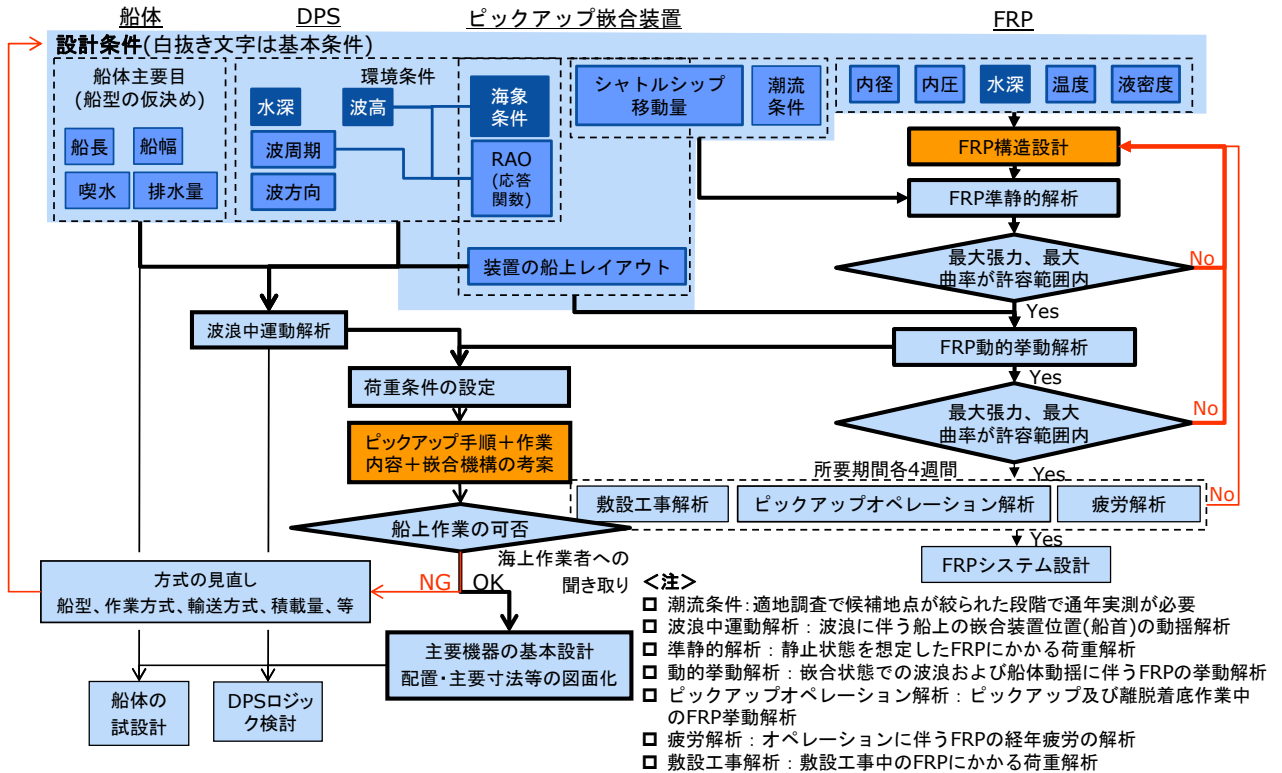


図 2-34 船上直接圧入システムの検討フロー

以降、上記のフローの各検討項目について結果を報告する。

#### 2.4.1. フレキシブルライザーパイプ(FRP)の構造設計

フレキシブルライザーパイプ(FRP)は、「図 2-34 船上直接圧入システムの検討フロー」のように、いったん構造設計後、FRPの静的および動的挙動解析を経て、その結果を船体、DPS、ピックアップ嵌合装置の検討に反映する。それらの検討結果をフィードバックして、再度構造設計に戻って、同様のループを繰り返しながら検討している。これらの解析を進め最大張力、最大曲率が許容範囲内となるFRPの構造を設計している。

その一環として、金属部材の削減/樹脂化による軽量化(張力低減)を検討している。「図 2-34 船上直接圧入システムの検討フロー」に沿って、構造設計を重ねた現状の表 2-12 フレキシブルライザーパイプ(FRP)の構造案 FRP 構造案を下表に示す。今後、それぞれの部材評価を行い、構造設計に反映していく。

シャトルシップ輸送・貯留システムにおけるFRPの設計条件を表 2-11 に示す。貯留サ

イト候補の中で最も深い海域は 1,000m クラスの大水深となるが、FRP の引き揚げや吊り下げを頻繁に繰り返すことになる本システムでは、ピックアップ方式（海底から船上まで FRP を毎回引き揚げる）の適用水深を 500m までとし、検討を行うこととした。500m 以上の場合には Self-Standing Riser などの別システムも合わせて検討する。

液化 CO<sub>2</sub> は、船上の圧入ポンプで 10MPaG まで昇圧され、FRP 内を流入する。FRP 内の内圧は海底に向かうほど、水頭圧分の圧力が加算されるため、嵌合設備の設計圧力 12.5MPaG を考慮すると、500m の海底下では設計内圧が 18MPaG となる。

表 2-11 FRP 設計条件

	項目	単位	設計条件	備考
<b>海象条件</b>	水深	m	1,000	貯留サイト選定対象水深
	ピックアップ オペレーション深度	m	500	ピックアップ方式の適用範囲
	有義波高	m	3	検討中
	有義波高周期	sec	6, 8, 10	検討中
	潮流速	knot	1.5	暫定設計条件
<b>FRP</b>	内径	mm	150	
	温度(内部流体)	℃	Min 0 Max 30	氷着を避ける温度 FRP 樹脂部材の適用温度
	圧力	MPaG	18.0(暫定)	嵌合設備設計圧力+設計水深
	密度(内部流体)	kg/m <sup>3</sup>	1,012.9	温度/圧力に対応

FRP 各層の内、重量面で大きな割合を占めるのは、内圧補強層、軸力補強層の金属補強層である。FRP の軽量化を達成するためには、これらの層を構成する部材の改善、もしくは浮力層等の新規な層を追加することである。各層の候補部材としては下記が挙げられる。

- ・ 内圧補強層：C 型条、繊維補強材
- ・ 軸力補強層：平型条、鉄線、高強度鋼線/PET 線、繊維補強材
- ・ 新規層：浮力層、外付けブイ

FRP への適用可否については部材評価を行い判断する必要があるが、FRP の一次構造設計を進めるため、軽量化に加え、入手性、製造性、コスト等の実現性についても考慮し、内圧補強層には繊維補強材を、軸力補強層には高強度鋼線/PET 線を選定した。その他の候補

材料については、部材レベルの検討は並行して進めることとし、特性上、問題ないことが確認できれば構造設計に反映することとした。また、浮力層等の新規層については、コストアップが避けられないことから、一次構造設計では適用しないことにした。

一次構造設計における考え方として、CCS では海洋石油開発の様に高い内圧強度（35～70MPa）を必要としないため、内圧補強層をアラミド繊維のような軽量で高強度の繊維補強材に変更することが可能となる。また、軸力補強層については、高強度鋼線と PET 線とのハイブリット構造を適用することで、高強度鋼線により必要な軸力強度を担保したまま、余分な鋼線を PET 線に置き換えるなど、高強度鋼線と PET 線の割合を調整することが容易となり、FRP 構造の最適化に繋げることが出来る。FRP の構造設計案を下表に示す。

表 2-12 フレキシブルライザーパイプ(FRP)の構造案

	内径 (mm)		150	
	外径 (mm)		262	
	単位重量 (kg/m)	大気中	空	61.0
		海水中	海水入り	26.9
		海水中	CO2 入り	24.3
	許容張力 (kN)			629
	最小曲げ半径 (m)	静的		2.7
動的		4.1		
内圧補強層：高強度繊維補強材、軸力補強層：高強度鋼線/PET 線				

#### 2.4.2. 波浪中運動解析

FRP 上端にかかる荷重の算定、FRP 嵌合部の配置の検討、船体の設計のために、現在想定している排水量 6000t 程度の船体<sup>4</sup>に加え、現行の船体に FRP からの反力をバネとして考慮した案、排水量 1.4 万 t 程度の船体、6.7 万 t 程度の船体を加えて 4 ケースについて、波浪中の動揺を解析し、比較検討した。解析結果は、資料編 2-26「波浪中運動解析」に示す。

上記の検討から得られた知見は、以下の通りである。

- バネ(FRP からの反力)による負荷では、船体の動揺にはほとんど変化は見られない。バネによる荷重に比して船体の質量が大きいためと考えられる。
- 船体が大きくなれば前後揺れは減少するが、上下揺れについては必ずしも減少しない。船体と波周期の関係で、むしろ大型船で上下揺れが大きくなることもある。

<sup>4</sup> 波浪中運動解析の着手時点では、一般的なタンカー型の船型(図 2-79)を想定。



- 船体をさらに大型にしても、上下揺れの低減はあまり期待できない。  
以上の知見から、FRPの挙動解析は、現在の船体サイズの想定で進めることにした。

### 2.4.3. FRP 準静的解析+動的挙動解析

2.4.1 における FRP 構造案を基に、以下の FRP 解析モデルについて FRP の準静的解析および動的挙動解析を図 2-34 船上直接圧入システムの検討フローに沿って繰り返した。

- 全長：1,250m
- 内径：6inch (150mm)
- FRP～BS<sup>5</sup>までをモデル化
- BS 上端部を海面位置と仮定

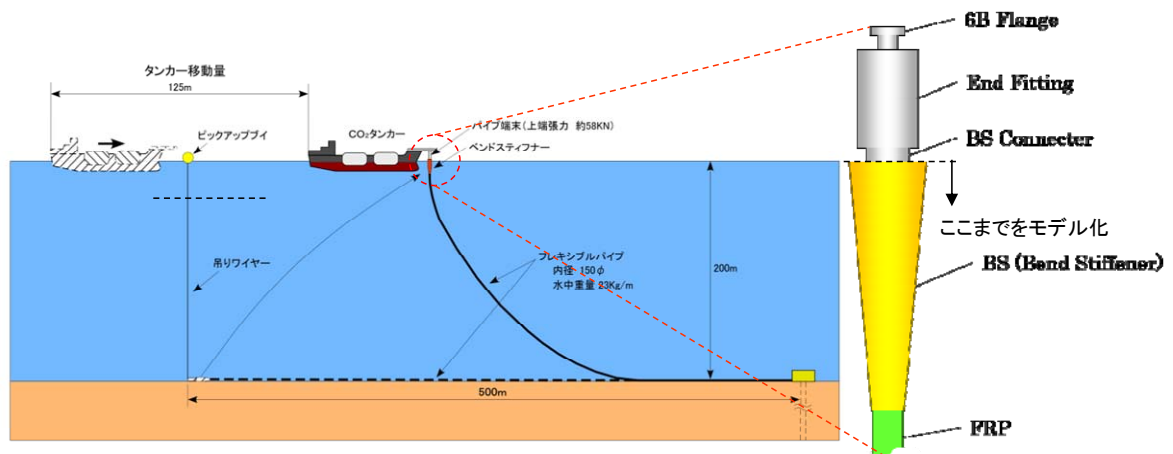


図 2-35 FRP 解析モデル

上記のモデルにおける解析条件として、水深  $H$  : 500m、浮体移動量 :  $\pm 35$ m (FRP 嵌合および  $\text{CO}_2$  圧入時における目標嵌合地点からの移動限界範囲) と定めた。船型は第 4 回分科会(2015.2.20)で作業船型を提案したが、それまではタンカー船型(上図)を想定した。

<sup>5</sup> BS: ベンド・スティフナー(Bend Stiffener)

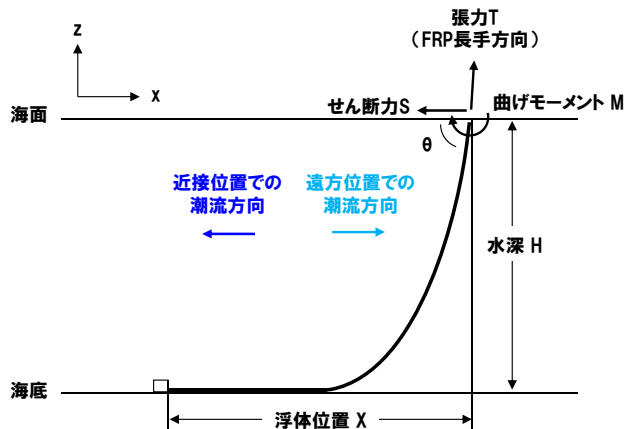


図 2-36 FRP 解析条件

上記の条件に基づき、船体運動を解析し、さらに FRP 準静的解析および動的挙動解析の結果から船体と FRP の嵌合部における荷重を算定する。

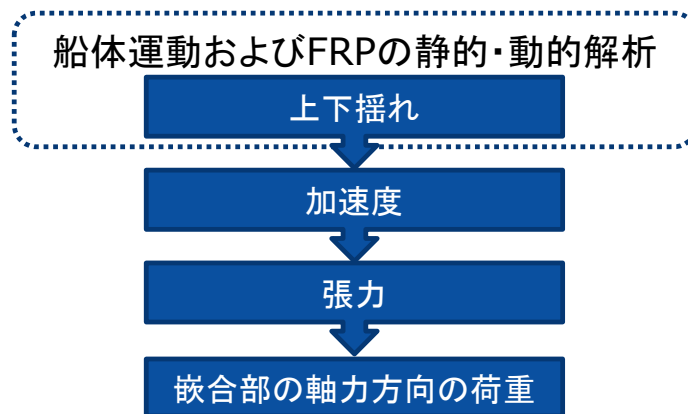


図 2-37 FRP の嵌合部の荷重算定フロー

当初は FRP の上端部角度拘束条件を「角度  $\theta$  固定 ( $90^\circ$ )」と設定した。解析に適用した FRP 構造を表 2-12 に、静解析結果を下表に示す。

表 2-13 FRP 静解析結果

浮体位置		近接 X=903m	中立 X=938m	遠方 X=973mm		
潮流 (knot)		0	1.5	0	1.5	
FRP 上端	張力 T (kN)	140.3	122.6	150.4	163.9	182.6
	せん断力 S (kN)	22.5	37.8	34.6	51.8	43.2
	曲げモーメント M(kNm)	37.3	64.6	55.9	81.3	65.9

近接、中立、遠方位置については、海底着底部で発生する曲率が許容曲率を満足する位置を近接位置 903m と定義し、浮体移動量±35m から、中立位置 938m、遠方位置 973m を定義した。それぞれの位置でのカタナリー形状を下図に示す。

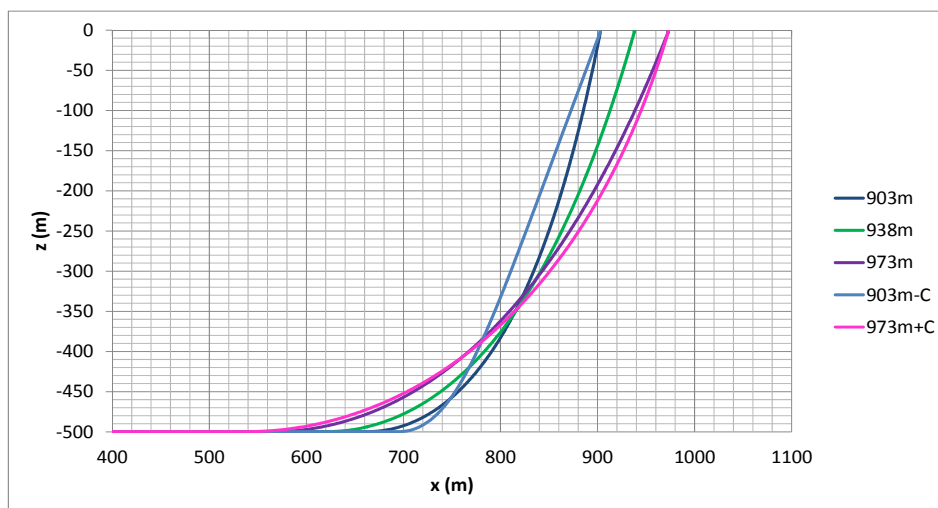


図 2-38 FRP のカタナリー形状

FRP をシャトルシップの船首中央に接続すると仮定し、波浪中運動解析結果を用いて、動解析を実施した。FRP 上端部にすべて同位相と仮定した 3 軸方向の振幅 ( $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$ ) を与えた。浮体位置は、近接位置  $X=903m$ 、遠方位置  $X=973m$  の 2 条件とし、近接位置  $X=903m$  での動解析結果を表 2-14 に、遠方位置  $X=973m$  での動解析結果を表 2-15 に示す。

表 2-14 近接位置  $X=903m$  での動解析結果

		有義値			1/1000 最大期待値		
周期 $T_s$ (sec)		6.00	8.00	10.00	6.00	8.00	10.00
前後揺れ $\Delta x$ (m)		0.21	0.32	0.58	0.40	0.62	1.12
左右揺れ $\Delta y$ (m)		0.84	1.09	1.20	1.62	2.11	2.32
上下揺れ $\Delta z$ (m)		2.22	2.72	2.53	4.30	5.26	4.89
角度 $\theta$ 固定	$\theta_{min}$ (°)	90	90	90	90	90	90
	$T_{max}$ (kN)	209.3	182.4	164.3	359.7	246.8	190.7
	$T_{min}$ (kN)	21.3	50.5	80.4	-2.5	4.0	31.8
	$S_{max}$ (kN)	67.3	58.5	52.0	146.6	88.7	64.2
	$M_{max}$ (kNm)	99.0	89.5	81.9	179.0	123.5	96.8
	動的張力/静的張力	1.71	1.49	1.34	2.94	2.02	1.56

表 2-15 遠方位置 X=973m での動解析結果

		有義値			1/1000 最大期待値		
周期 Ts (sec)		6.00	8.00	10.00	6.00	8.00	10.00
前後揺れ Δx(m)		0.21	0.32	0.58	0.40	0.62	1.12
左右揺れ Δy(m)		0.84	1.09	1.20	1.62	2.11	2.32
上下揺れ Δz(m)		2.22	2.72	2.53	4.30	5.26	4.89
角度 θ 固定	θmin (°)	90	90	90	90	90	90
	Tmax (kN)	379.4	372.1	315.8	420.8	492.1	481.4
	Tmin (kN)	39.7	54.5	94.9	8.4	11.2	26.8
	Smax (kN)	84.8	82.8	74.5	91.2	109.7	110.2
	Mmax (kNm)	102.1	100.0	95.3	106.1	120.0	147.9
	動的張力/静的張力	2.08	2.04	1.73	2.31	2.70	2.64

張力 T、せん断力 S、曲げモーメント M の最大値を下表にまとめる。嵌合装置や船上設備の設計では、ピックアップ時は有義値での最大値を、嵌合時は 1/1000 最大期待値での最大値を使用する。

表 2-16 動解析結果まとめ

	ピックアップ時 (有義値)	嵌合時 (1/1000 最大期待値)
張力 T (kN)	379.4	492.1
せん断力 S (kN)	84.8	146.6
曲げモーメント M(kNm)	102.1	179.0

#### 2.4.4. 荷重条件の設定

船体と FRP を嵌合した際に FRP 上端にかかる静的張力は 182.6kN、動的張力は 492.1kN であるという解析結果から、静的荷重は約 18 トン、動的荷重は約 49 トンと想定される。

この結果から、FRP 嵌合(CO2 圧入)中の FRP 嵌合部にかかる荷重をカブラだけで支えきれないと判明し、新たに FRP の荷重を受ける機構が必要になると判断した。

#### 2.4.5. ピックアップ手順+操作内容+嵌合機構の考案

ピックアップブイのピックアップ～FRP の嵌合までの操作手順とともに、その機構を考案する。各手順における検討課題を整理する。



## 2.4.5.2. ピックアップ・嵌合の各手順とその課題

### 手順1 ピックアップブイの拾得（検討課題：円錐ガイド受け口内部への索通し方法）

シャトルシップがピックアップブイに近づいた時、作業台からフックを投げ、ピックアップブイとピックアップフロートを結ぶ浮遊性繊維索(ピックアップロープ)にひっかけてピックアップブイを引き上げる。ピックアップブイを浮遊性繊維索から外し、ロープをウィンチにつなげる。

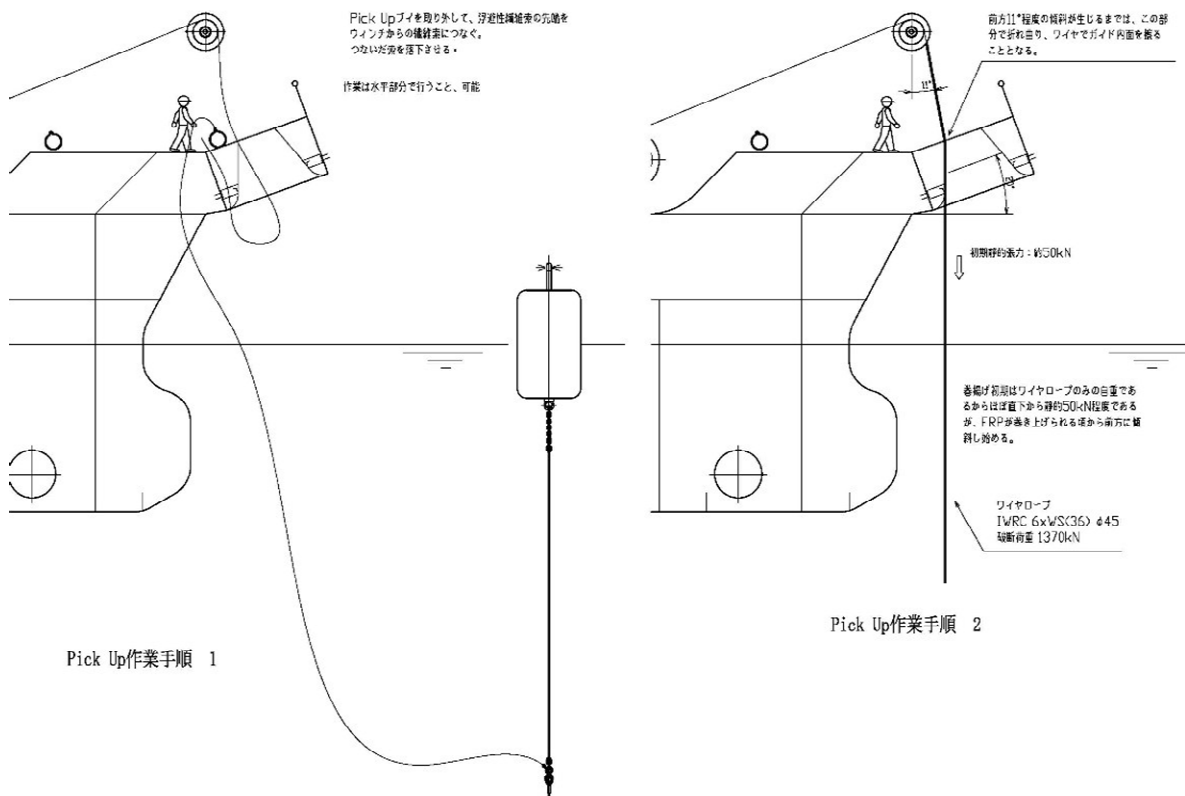


図 2-40 ピックアップの手順

円錐ガイド方式ではピックアップ時に受け口の外側で拾得したピックアップロープを、受け口の内部を通るようにガイドするためのワイヤーを事前に受け口の内外に通しておく必要がある。

今のところ棒にフックを付けたもの受け口内部に突っ込み、外に垂れた索を引っ掛けるなど、原始的な方法で対応可能と考えているが、3m 波高の状態ですらこうしたことが可能か検討を要する。

それが困難な場合、受け口内部にメッセンジャーワイヤなどを常置しておく方法を考えな

ければならない。ただし、受け口内部は FRP 頂部の円錐ガイドが入り込んでくるので、それとの干渉回避策の検討を要する。

## 手順2 ピックアップフロートの拾得（検討課題：滑車のシャックル通過形状）

浮遊性繊維索をウィンチ等で巻き上げてブイ下のロープジョイント部分が船上に引き上げられた時は、その下にはピックアップワイヤ（φ45mm）が約500～600m吊り下がっており、その静的自重は数トンになる。

この状態でシャックルを付け替えることを回避するために、浮遊性繊維索を巻き込んだ上に、シャックルとφ45mmのワイヤーを一巻か二巻ほど巻き取る必要がある。これによる浮遊性繊維索の損傷の防止が今後の課題となる。

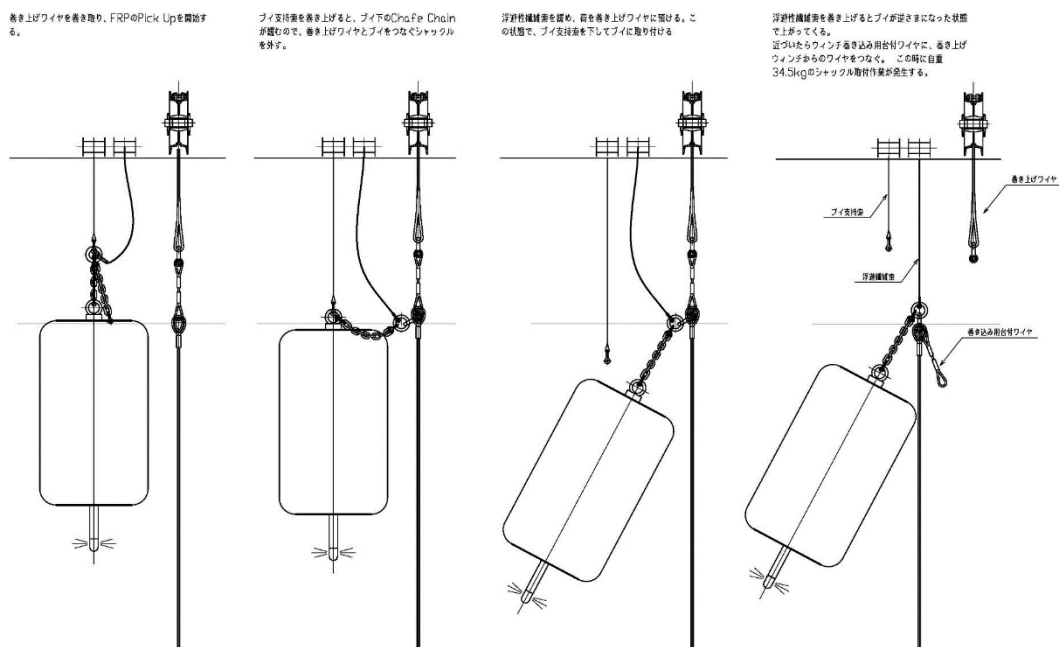


図 2-41 ピックアップフロートのシャックルの付け替え

更には、数トンにも及ぶフロートを船上に引き上げる機構の検討を要する。それが困難な場合は、引き上げずに洋上に安全に漂流させる機構が必要になる。

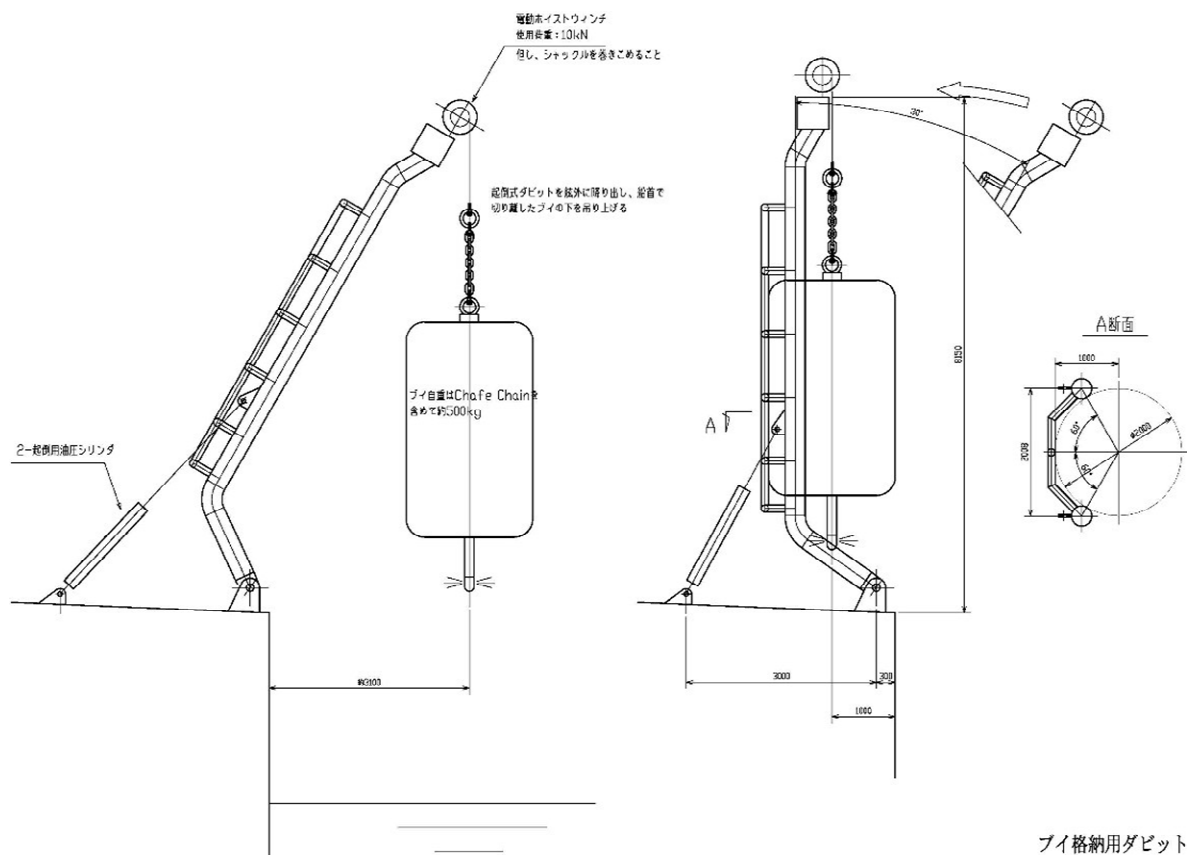


図 2-42 ブイの格納機構

**手順3 ピックワイヤーの巻き上げ（検討課題：ワイヤー入射角、ワイヤー接触回避策）**

本方式の課題はピックアップワイヤーを 750m 巻き上げる間、受け口の内面を擦らないようにするための「入射角」の設定である。ワイヤーの角度に沿って受け口の内側に何らかの滑車等を設けることは困難と想定される。そこで、ワイヤー接触頻度を低減するための入射角を選定する。

ワイヤー入射角は、FRP 頂部の離底前後で変化するが、それだけでなく波浪中の動揺でも変化する。現在は暫定的に 20° に設定しているが、FRP ピックアップ解析結果から確定される。



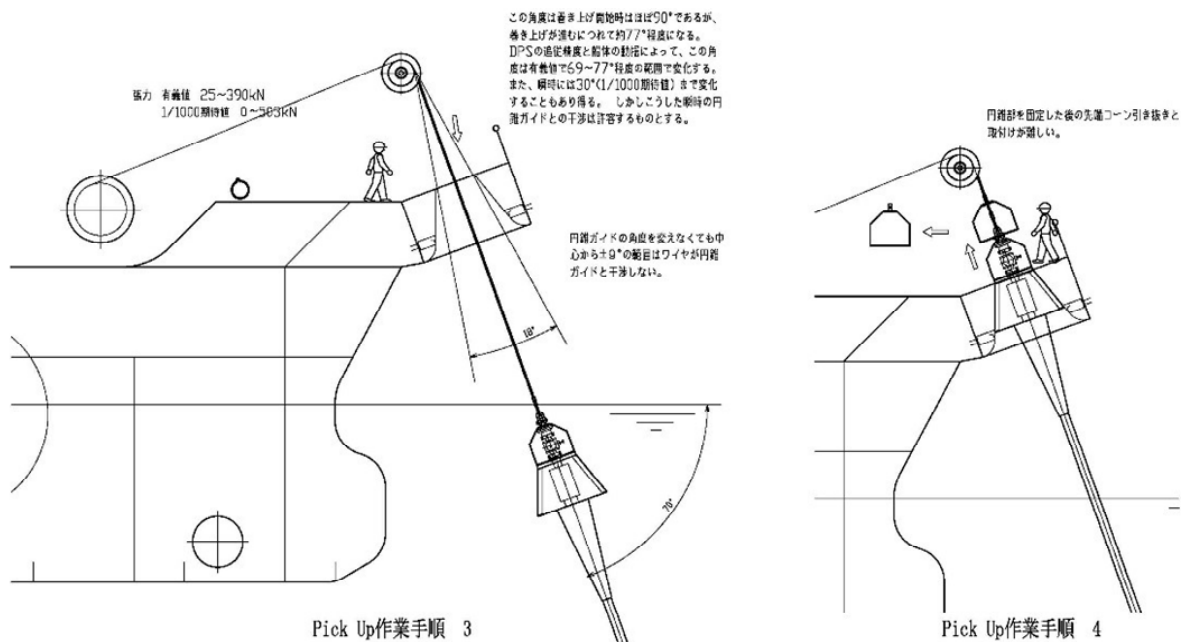


図 2-43 ピックアップワイヤーの入射角および接触回避策

また、先端コーンの形状や円錐ガイドの引込口の曲げ R などの組み合わせについては、図面上の検討だけでは判り得ない面がある。円錐ガイド方式の検討には、1/10 程度のモデルを製作して、実際の嵌合具合を検証することが望ましい。

#### 手順 4 円錐ガイドの固定（検討課題：円錐ガイドの固定方法）

当初は円錐部の下でガイドからピンを差し込む方式を検討した。しかし、この部分は作業員からは全く見えない箇所である。また、航海中などに波の打ち上げに曝される場所であり、油圧シリンダや摺動するピンなどの設置場所としては保守も困難で、適切な場所とは言えない。さらに CO2 注入中に円錐ガイドがガタガタ動く状態は好ましくない。

そこで、FRP 頂部を引き上げて、当て金等に密着させる方法を検討する。頂部はボール弁の操作や嵌合フランジの取り付けなども行われる場所であり、それらとの整合性も考慮して検討する必要がある。

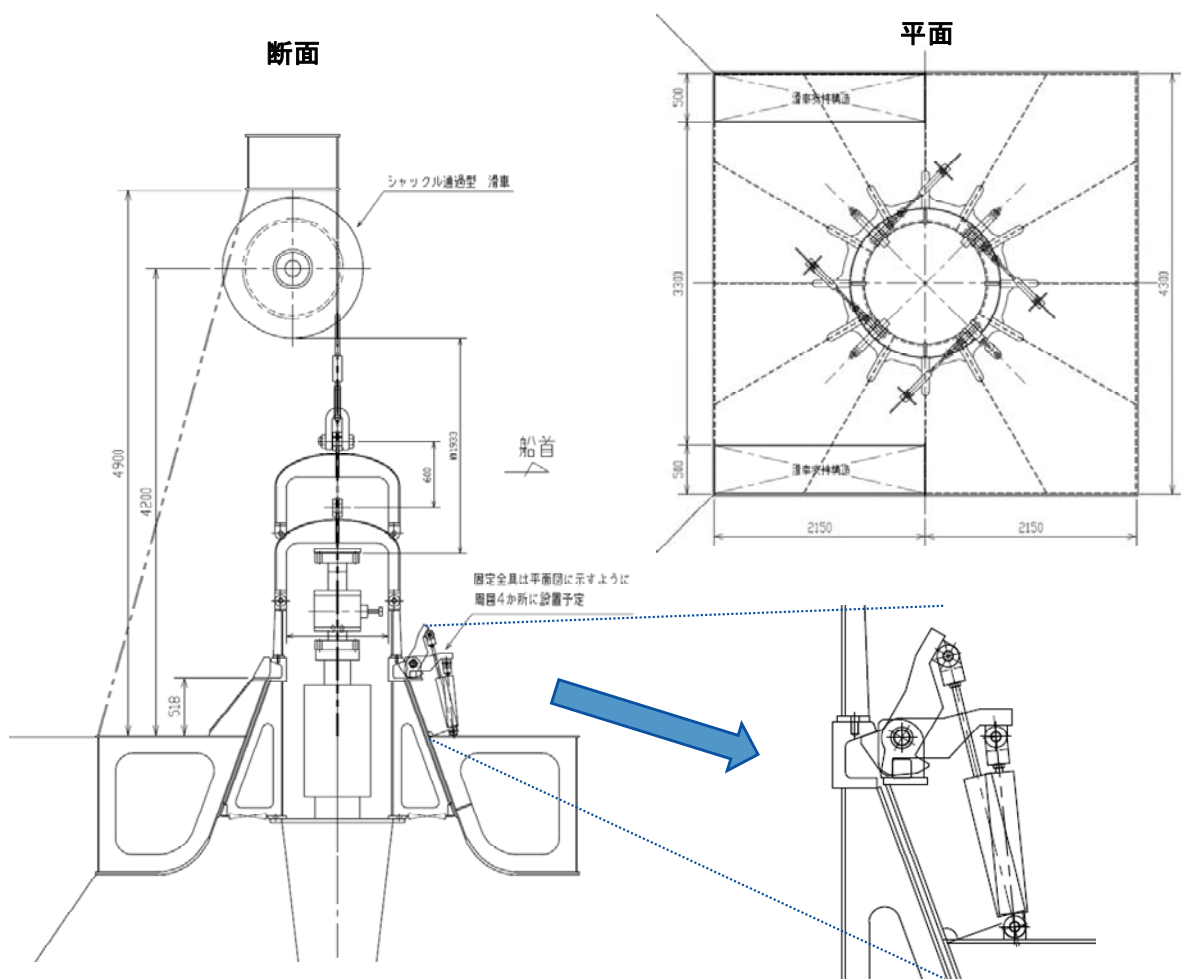


図 2-44 円錐ガイドの固定方法

**手順 5 FRP 先端コーンの取り外し (検討課題：先端コーンと円錐ガイドの結合方法)**

FRP 頂部の円錐ガイドを固定した後、FRP 頂部のバルブ、カプラ等をカバーする先端コーンを取り外す必要がある。取り外す必要のある FRP 頂部の先端コーンの概算質量は、およそ 300kg である。これを揺れる船上で安全に吊り上げ移動して、また元の位置に戻すためにガイドレールを用いた方法を検討している。

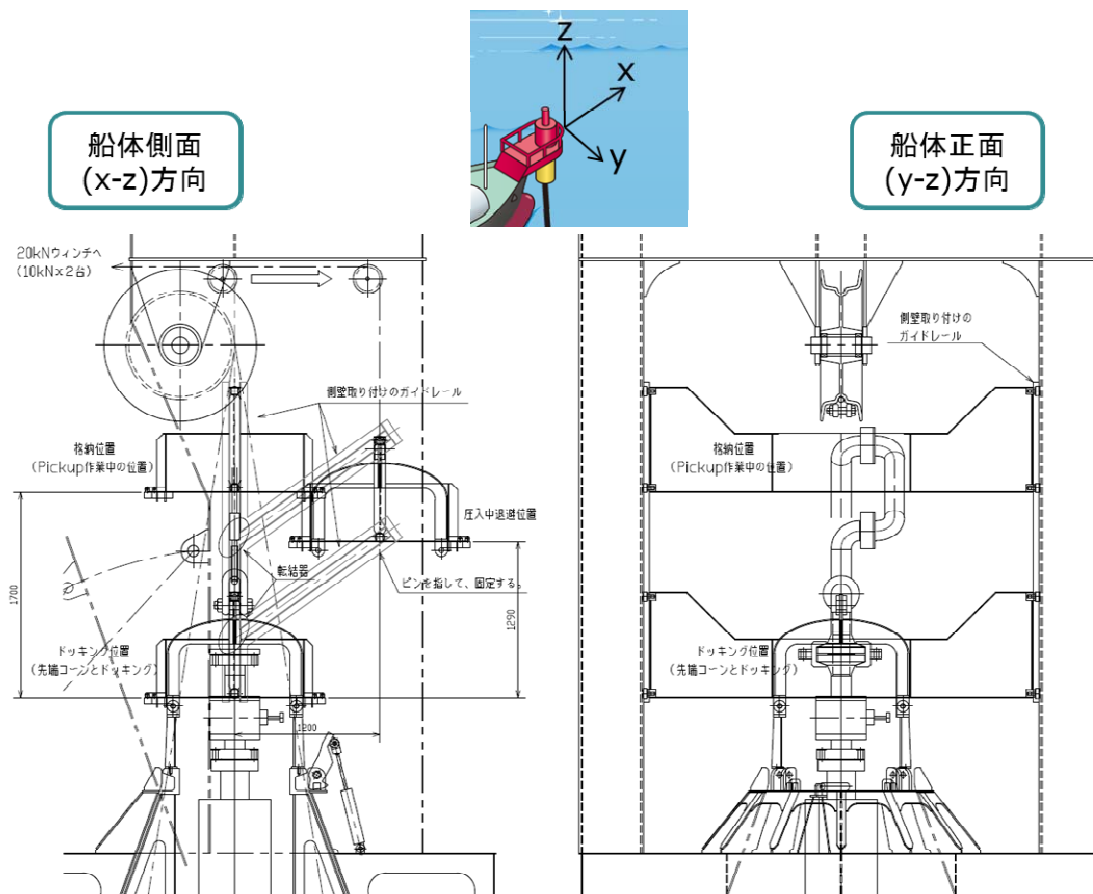


図 2-45 先端コーンと円錐ガイドの結合および取り外し機構

**手順 6 船上装置と FRP の嵌合 (検討課題：ローディングアームとワイヤー支持機構)**

当初、船上自在装置 (スイベルジョイントアッセンブリ) として、手動式ローディングアームの代表機種である FBMA<sup>6</sup>方式をベースに計画した。

<sup>6</sup> FBMA: Fully Balanced Marine Arm(海上用ローディングアームに広く採用されている)

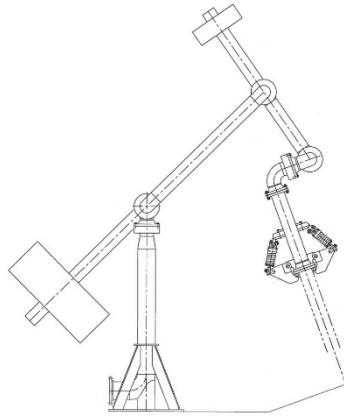


図 2-46 FBMA 方式のローディングアーム

一方で、FBMA 方式は嵌合部に上方からアクセスすること、サブカウンターウェイトが上方に突出し、FRP 巻上げプーリーやこれを支えるフレームなどに干渉する可能性が高いことから、水平方向からアクセスする方式も検討した。

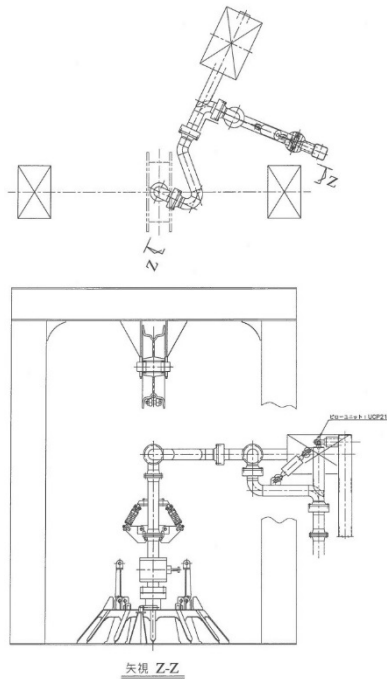


図 2-47 ローディングアームと FRP 頂部の結合機構案（水平アクセス方式）

これら FBMA およびその応用方式は、ローディングアームの特徴である先端位置の自由度、追従性といった面では優れているものの、FRP 上端部の船体に対する相対移動量は限

定的である。また、動揺する船上でローディングアーム先端嵌合部と FRP 上端嵌合部の位置調整を操作員が行うといった人為的作業を可能な限り少なくするため、下記に示す誘導カップ方式を検討中である。

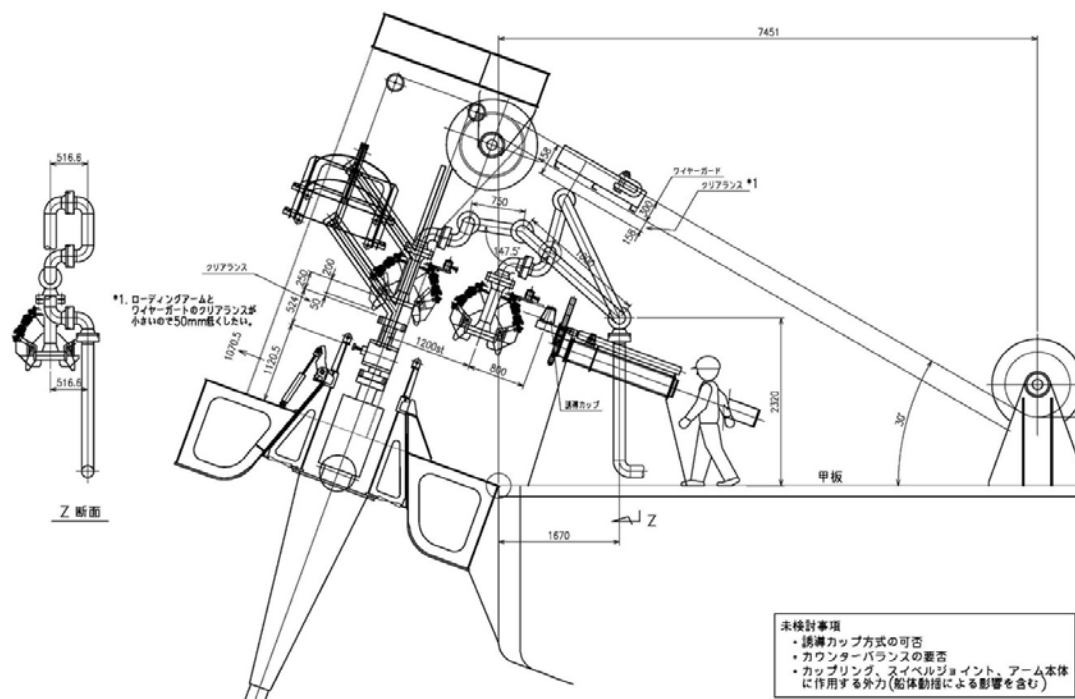


図 2-48 ロードイングアームと FRP 頂部の結合機構案 (誘導カップ方式)

この方式は、ローディングアーム先端嵌合部に取付けた誘導カップを水平および垂直に移動する 2 本の油圧シリンダで掴み、FRP 上端嵌合部まで誘導するものである。

この方式の検討課題は、下記の 3 点である。

- 誘導カップ方式の可否
- ロードイングアームのカウンターバランスの要否
- カップリング、スィベルジョイント、アーム本体に作用する外力 (船体動揺による影響を含む)

#### 手順 7 圧入作業後の FRP 離脱 (検討課題：離脱時のブイ・フロートの取り付け)

CO<sub>2</sub> 圧入作業中、ピックアップフロートは船体舷側に設けた引き上げダビット等に吊り下げておくことを想定している。CO<sub>2</sub> 圧入終了時には反対手順でピックアップワイヤーにフロートを取り付ける必要がある。これについても手順を検討する必要がある。